Von den Sedimenten der Salzofenhöhle

Von Elisabeth Schmid

Mit 1 Textabbildung und 1 Beilage

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Juni 1956)

Inhalt.

I. Die Probenserien und Untersuchungsmethoden.

In seinem Aufsatz „Über Höhlensedimente" hat Robert Lais[1] dargelegt, wie in Verbindung mit der Geländebeobachtung aus der Kombination verschiedener geologischer und bodenkundlicher Untersuchungsmethoden im Laboratorium die Entstehungsbedingungen und damit die Datierung von Höhlensedimenten erfolgen kann. Lais betonte, daß für die Deutung der Sedimente ihre Lage innerhalb der Höhle, d. h. vor allem ihre Entfernung vom Eingang, wichtig sei. Daher sollten, um den Sedimentationsgang verfolgen zu können, möglichst an verschiedenen Stellen der Höhle Probenserien gewonnen und untersucht werden.

In dem Bestreben, den Aufbau und die Datierung der einzelnen Straten in der paläontologisch und prähistorisch wichtigen Salzofenhöhle genauer zu fassen, unternahm Ehrenberg 1952 eine vor allem diesem Zwecke dienende Expedition[2]. Um hierbei auch die von Lais[3] dargelegte Methodenkombination anzuwen-

[1] Lais, R., 1941.
[2] Ehrenberg, 1953.
[3] Lais, R., 1941.

den, wurde ich eingeladen, mich zur Probenentnahme an der Expedition zu beteiligen. Die Untersuchung dieser 1952 gewonnenen Proben warf fast mehr Fragen auf, als sie beantworten konnte. Deshalb hat Herr Prof. Ehrenberg auf seiner Expedition 1953 nach meinen Wünschen weitere Probenserien entnommen. Für beides — die Einladung zur Expedition 1952 und die Lieferung der Proben 1953 — sei auch an dieser Stelle bestens gedankt.

Um den Schichtenaufbau an den verschiedenen Stellen der Höhle zu zeigen und trotz der jeweils andersartigen lokalen Sedimentationsbedingungen möglichst parallelisieren zu können, wurden an mehreren Stellen Gräben gezogen[4]. Aus den dadurch freigelegten Profilen konnten insgesamt 8 Probenserien gewonnen werden, und zwar folgende:

E	= im Vorraum („Eingangshalle") . .	Grabung 1952	8	Proben
VR	= im Vorraum, nahe der Rückwand .	1953	11	
HE	= gleich innerhalb vom Haupteingang .	1953	8	
VF	= vor der „Forster-Kapelle"	1952	7	
F	= in der „Forster-Kapelle"	1952	10	
FK	= in der „Forster-Kapelle"	1953	14	
GK	= im „Graf-Kesselstadt-Dom"	1952	3	
GKD	= im „Graf-Kesselstadt-Dom"	1953	14	„
			75	Proben

Diese 75 Proben wurden im Laboratorium des Staatlichen Amtes für Ur- und Frühgeschichte in Freiburg i. Br. untersucht. Eine finanzielle Unterstützung des Ministeriums für Land- und Forstwirtschaft in Wien ermöglichte es, für die außerordentlich zeitraubenden Analysen eine Laboratoriumshilfe anzustellen. Folgende Verfahren wurden angewandt:

Die Prüfung des Korngrößenaufbaus erfolgte durch die Siebanalyse und — in Erweiterung der von Lais dargelegten Methoden — durch die Schlämmanalyse. Hierbei kamen folgende Fraktionen zur Ausscheidung:

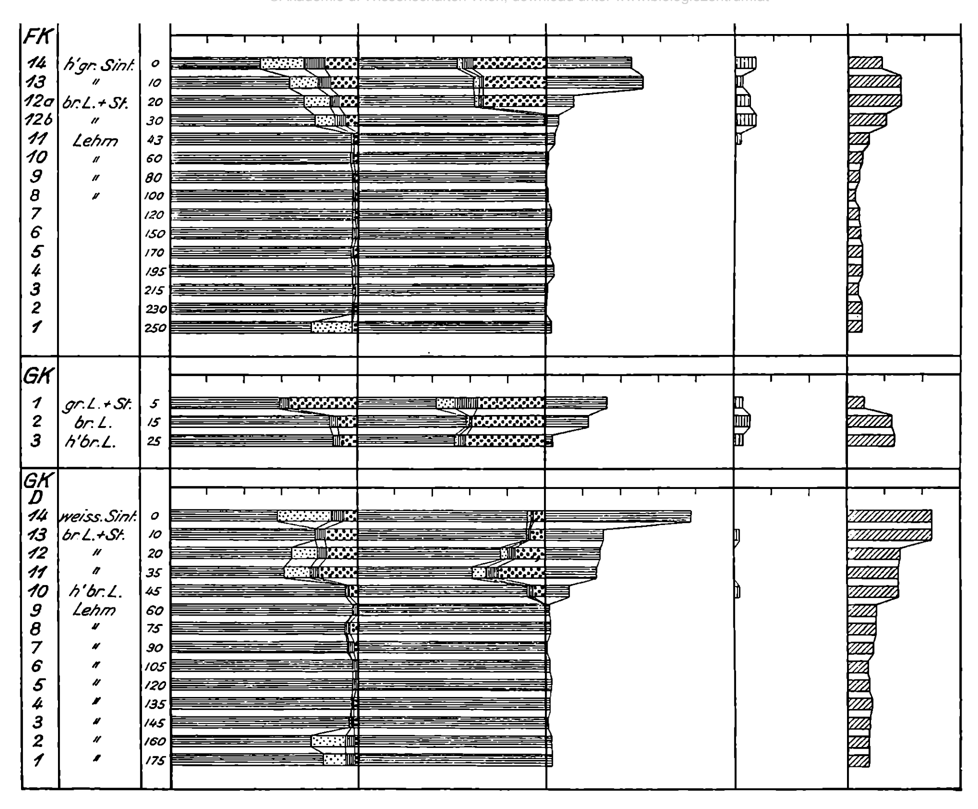
	Schlämmanalyse	Siebanalyse
Fraktion	I = < 0,01 mm ∅	a = 2 mm ∅
	II = 0,01—0,05 mm ∅	b = 2—5 mm ∅
	III = 0,05—0,1 mm ∅	c = 5—10 mm ∅
	IV = 0,1—2 mm ∅	d > 10 mm ∅

Die in Gewichten erhaltenen Anteile der einzelnen Fraktionen wurden in Prozentwerte umgerechnet und, um ihre Lesbarkeit zu erleichtern, in Diagramme eingetragen. So stehen auf der Beilage 1 die Diagramme der einzelnen Profilserien untereinander. Die erste große Rubrik enthält die Ergebnisse der Schlämmanalyse, die

[4] Ehrenberg, K., 1953.

Zu: Elisabeth Schmid, Von den Sedimenten der Salzofenhöhle. Beilage 1.

Salzofen-Höhle 1952/53



FK
14 h'gr. Sint. 0
13 " 10
12a br. L. + St. 20
12b " 30
11 Lehm 43
10 " 60
9 " 80
8 " 100
7 120
6 150
5 170
4 195
3 215
2 230
1 250
GK
1 gr. L. + St. 5
2 br. L. 15
3 h'br. L. 25
GK D
14 weiss. Sint. 0
13 br. L. + St. 10
12 " 20
11 " 35
10 h'br. L. 45
9 Lehm 60
8 " 75
7 " 90
6 " 105
5 " 120
4 " 135
3 " 145
2 " 160
1 " 175

zweite die der Siebanalyse, und zwar so, daß jeweils links die kleinste und rechts die größte Korngrößengruppe angegeben ist.

An chemischen Eigenschaften wurden geprüft: der Karbonatgehalt, der Humusgehalt und der Phosphatgehalt. Im Diagramm sind die Werte der Karbonatbestimmung in Prozenten, die des Humus- und Phosphatgehaltes als Farbwerte im Hellige-Kolorimeter angegeben.

Außer mit diesen Analysen wurde die Zusammensetzung der Proben und das Aussehen der Bestandteile auch mikroskopisch und makroskopisch geprüft.

II. Die einzelnen Profile.

Das vorderste Profil, Profil E im Vorraum, ist durch eine nahezu 50 cm mächtige Blockzone in eine obere sinterreiche und in eine untere lehmige Steinschicht gegliedert. Die oberste Lage der oberen Schicht, eine rezente Bildung, wurde durch die Verwendung der Höhle als Viehunterstand stark beeinflußt. Die Proben 7, 6 und 5 zeichnen sich durch starke Sinterbildung aus. Die eingelagerten groben Steine (> 10 mm ∅) sind angeätzt. Nicht bestimmbare Fragmente von Heliciden und Clausilien besagen lediglich, daß während der gesamten Dauer der Ablagerung dieser Zone eine geschlossene Pflanzendecke bis zur Höhle hinaufgereicht hat. Die Blockzone enthielt keinerlei Feinmaterial; deshalb konnte aus ihr keine Probe genommen werden.

Das vor allem splittrige Material der Probe 4 ist meist scharfkantig, ohne Anätzung. In dieser Schicht ist das von Ehrenberg[5] veröffentlichte Artefakt gefunden worden. Die bräunlichen wohl vom Höhlenbären stammenden Knochen sind selten.

Das grobsteinige Material der Proben 3 und 2 ist stark angeätzt. Der hohe Anteil der Feinteile in der Schlämmanalyse, der relativ geringe Karbonatgehalt, der hohe Phosphatgehalt und die Spuren von Humus zeigen die charakteristischen Erscheinungen einer „Höhlenbärenschicht“.

Die an dieser Stelle tiefste ergrabene Schicht mit Probe 1 setzt sich wieder als zum Teil kantiger Splitt ab, dessen hoher Karbonatgehalt auf kleine Kalzitkriställchen zurückzuführen ist, die wohl aus einer durch die Verwitterung geöffneten Kalzitader im Fels stammen. Der geringe Phosphatgehalt und das Fehlen des Humus bestätigen die Beobachtung der nur einzeln eingelagerten Knochen.

[5] Durch einen Druckfehler ist die Tiefe bei Ehrenberg, K., 1953, unrichtig mit 2,20 m statt mit 1,20 m angegeben.

Das Profil VR bietet eine Bestätigung und Ergänzung der in E gemachten Beobachtungen. Unter der Oberflächenschicht (Probe 11) stammen Nr. 10 und 9 aus der sinterreichen, mit angeätzten Steinen durchsetzten Zone, die auch hier nicht näher bestimmbare Reste von Heliciden und Clausilien enthalten.

Nun aber folgt nach unten, durch 8 und 7 erfaßt, splittiges Material ohne Blöcke, dessen scharfkantige Steine nicht angeätzt sind. Die grobe Porosität, die stellenweise beobachtet werden kann, ist alt, d. h. sie durchzog die Steine schon, als sie noch im festen Verband mit dem Felsen waren; sie ist demnach sehr viel früher entstanden als die Abwitterung. Wenige Knochenfragmente stammen meist von Kleinsäugern. Auffallend sind einzelne ganz kleine Fragmente von Schneckenschalen. Ob ihre Einlagerung autochthon oder durch Einschwemmung von oben erfolgt ist, kann aus der Analyse allein nicht entschieden werden.

Probe 6 zeichnet sich nicht nur in der Schlämmanalyse, sondern auch in den chemischen Werten aus. Auch enthält sie viele Knochenfragmente sowie etwas Holzkohleflimmerchen.

Probe 5 stammt nach der Analyse aus der Höhlenbärenschicht, während die liegenden Proben 4—1 splittiges, kantiges Kalkmaterial umfassen, dessen Oberfläche leicht mehlig angeätzt ist. Der hohe Karbonatgehalt, vor allem in 4 und 3, ist auf eingelagerte Kalkspatkriställchen zurückzuführen. Die wenigen Knochenfragmente stammen zumeist von Kleinsäugern

Mit dem Profil HE ist der Übergang vom Vorraum in das Höhleninnere erfaßt. Die sinterreiche Oberflächenzone hat nur geringe Mächtigkeit. Sie enthält zwar Fragmente heller Knochen, aber keine von Schneckenschalen. Darunter folgt direkt, ohne Block- oder Splittzone, die Höhlenbärenschicht. Diese enthält im oberen Teil sehr viel grobe Gesteinstrümmer, und alle Proben bis unten sind reich an grießig zerkleinerten Knochentrümmern und auch größeren rotbraunen Höhlenbärenknochen. Der Höhlenboden ist nicht erreicht, so daß nicht gesagt werden kann, ob er aus mächtigen Blöcken gebildet ist oder aus festem Fels.

Auch das Profil VF ist nicht bis zum Felsboden hinab ergraben. Obwohl am Fundort nur die Proben 4, 5 und 6 als aus der Fundschicht stammend bezeichnet wurden, ergibt sich aus der Analyse, daß auch in den darüberliegenden Schichten Tierknochen in großer Zahl vorkommen, mit Ausnahme der obersten Strate (Probe 1), in welcher nur vereinzelte und weiße Knochen übersintert eingebettet sind. In allen Proben außer 1 und 7 tragen manche Steine Überkrustungen von Brauneisen, und zwar von unten nach oben in steigendem Maße bis zur stärksten Ausbildung

in Probe 3, während sie in 2 wieder abnehmen. Daß hier Infiltration durch eine Spalte im Höhlendach stattgefunden hat, wird auch durch den hohen Humusgehalt bestätigt. Eine eigentliche Blockzone fehlt, aber die Höhlenbärenschicht enthält viele große Steine. Die lehmigen Teile sind außerordentlich feinkörnig.

Die Profile in der „Forster-Kapelle" (F und F K) und im „Graf-Kesselstadt-Dom" (G K und G K D) weisen einen einheitlichen Aufbau auf. Nur in F ist der Höhlenboden erreicht, während FK und GKD tief in den zähen, einheitlichen Basislehm reichen. Dieser Lehm ist fein, mit höchstens Spuren von Karbonat. Die wenigen größeren Körnchen sind Brauneisenbildungen, an der Basis von F als Pseudomorphosen nach Pyrit. In diesem Profil F ist der Höhlenbärenschicht eine dichte Packung grober Steine eingelagert, die den anderen Profilen in diesem rückwärtigen Teil der Höhle fehlt. Solche lokalen Abbrüche werden immer wieder erfolgt sein, zumal Wände und Decke stark von Schloten durchsetzt sind.

Die der Höhlenbärenschicht eingelagerten kleineren Steine sind an ihrer Oberfläche sehr stark angeätzt. Die drei obersten Proben von FK enthalten zudem eingestreute Holzkohleflimmerchen. In allen 4 Profilen bildete die Höhlenbärenschicht die Oberfläche, die allerdings in den obersten etwa 10 cm durch intensive Versinterung auf starken sekundären Wassereinfluß hinweist.

III. Vergleich der Sedimentation in den verschiedenen Bereichen der Höhle.

Um die Einzelergebnisse der sedimentanalytischen Untersuchungen der Probenserien im Zusammenhang zu überschauen, wurde Abb. 1 zusammengestellt. Die einzelnen Proben der verschiedenen Serien sind mit ihren Nummern nicht schematisch, sondern in ihrem maßstäblichen Abstand eingetragen (siehe Tiefenangaben auf dem Diagramm, Abb. 1). Die Abstände der Kolonnen jedoch entsprechen nicht den wirklichen Entfernungen der Probenserien voneinander. Hier mußte, da sie nicht auf einer Linie liegen, schematisch eine stets gleich breite Spalte gezeichnet werden. Diese enthält die Markierung der Schichten.

Die Tiefenangaben beziehen sich nicht auf ein absolutes Bezugsniveau, sondern die Maße gelten jeweils „unter der Oberfläche". Die Oberfläche auf unserer Zeichnung entspricht ebenfalls nicht den (damals noch nicht eingemessenen) absoluten Höhen. Sie ist das Ergebnis unserer Untersuchungen, dürfte aber im Prinzip den tatsächlichen Verhältnissen nahekommen. Wir haben dabei die Oberkante der Höhlenbärenschicht als nahezu horizontal angenommen.

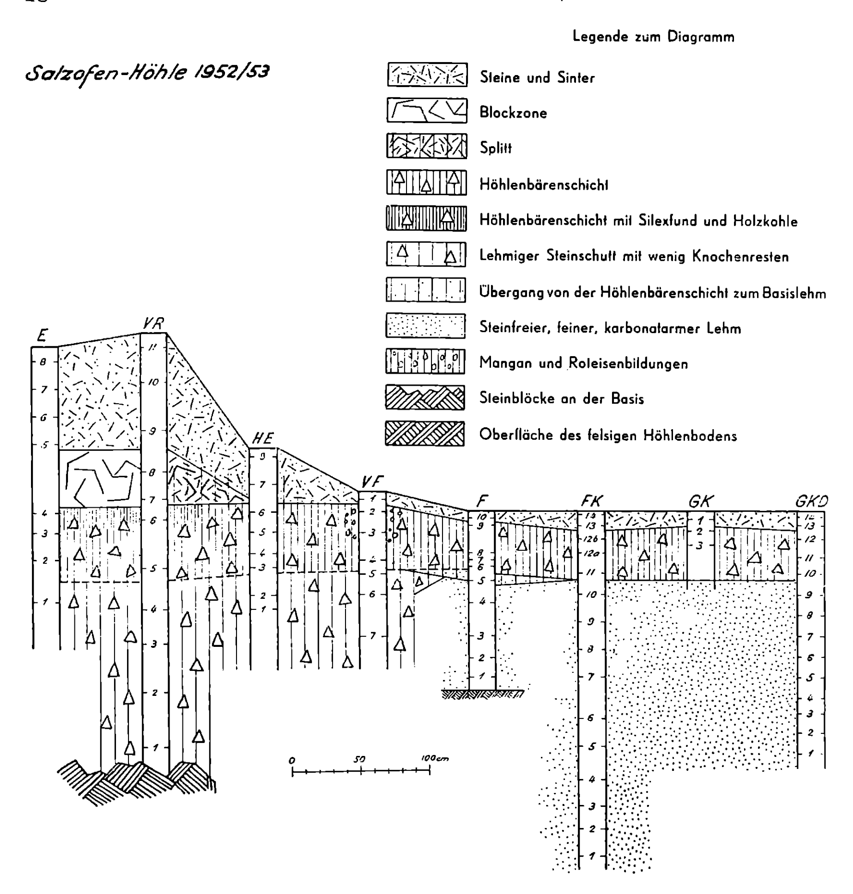


Abb. 1.

Die Zeichnung macht die in den Einzeldiagrammen und übrigen Beobachtungen festgehaltenen Ergebnisse in gedrängter Form sichtbar. Vor allem zeigt es sich, daß trotz der starken Unterschiede an den vorderen und hinteren Stellen dennoch zweimal eine einheitliche Schicht durchzieht. Einmal ist es die oberste Schicht, die aus Gesteinsschutt und starken Kalksinterbildungen besteht. Ihre große Mächtigkeit vorn (70—80 cm), die nahe der Rückwand des Vorraums noch etwas ansteigt, nimmt ins Höhleninnere hinein sehr rasch ab. So beträgt sie innerhalb vom Haupteingang nur noch etwa 35 cm, während sie an allen Stellen im

Höhleninnern 10 cm kaum übertrifft und zudem darin noch den obersten Teil der Höhlenbärenschicht einbezieht.

Die andere einheitlich durchziehende Schicht ist die mit den reichen Knochenfunden. Aber diese scheinbare Einheitlichkeit besteht in Wirklichkeit nicht: Schon von innerhalb des Haupteingangs an (HE) sind die tonigen Bestandteile (< 0,01 mm∅) außergewöhnlich hoch. Ferner zeichnet sich diese Schicht in den vier ersten Serien durch viele grobe Steine und auch kleinstückigen Schutt aus, während in der „Forster-Kapelle" und im „Graf-Kesselstadt-Dom" die Steine und Grobmaterialien den Lehm weniger dicht durchsetzen. Ferner fällt in den vorderen Probenserien auf, daß die oberste Lage dieser Schicht aus grobsplittigem, nur schwach angeätztem Material besteht. Trotz dieser Unterschiede scheint die Fundschicht ein einheitlicher Horizont zu sein. Im rückwärtigen Teil haben vor allem Lösungen durch Sickerwasser das Abbrechen der größeren Steine verursacht, während vorn das Außenklima unmittelbar einwirkte. Auch ist hinten die Umwandlung des Sediments durch die Zersetzungsprodukte der Tierkadaver viel intensiver als vorn, wobei HE einen deutlichen Übergang darstellt, indem hier stark gerundete Knochen und viel „Knochengrieß" auf die mechanische Zerkleinerung der mürben Knochen beim Ein- und Ausgehen der Tiere hinweist.

In den vier ersten Probenserien ist die Mächtigkeit des knochenreichen Teils nur wenig mächtiger als die gesamte Höhlenbärenschicht hinten. Während diese in der „Forster-Kapelle" und im „Graf-Kesselstadt-Dom" auf einem zähen Basislehm aufliegt, reicht sie vorn mit wenig Knochen sehr viel weiter herunter. Die Ausgrabung 1953 hat in VR die Sedimente bis auf die mächtigen Blöcke an der Basis erfaßt. Dadurch ist es möglich — besser als mit den viel weniger tief hinabreichenden Proben von E —, die Umstände bei der Sedimentation klarer zu erfassen.

Die Blockzone in E (zwischen 4 und 5), aus der 1952 wegen ihrer Grobstückigkeit keine Probe genommen werden konnte, geht gegen die Rückwand des Vorraums in groben Splitt über. Hier hat offenbar ein Deckenabbruch stattgefunden, bei dem nahe der Wand nur grobe Gesteinssplitter, keine Blöcke, abfielen. Dieser Wechsel des Materials selbst auf kurze Strecken konnte auch in der Kastel-Höhle bei Basel beobachtet werden[6]. Dort liegt die Bruchschicht auf dem Magdalénien-Horizont und ist das Ergebnis des endglazialen Auftauens, wobei die Stirnseite des Höhlendaches zurückverlegt worden ist. Auch in der Salzofenhöhle muß sie in die Zeit

[6] Schmid, E., 1957.

der beginnenden Erwärmung gesetzt werden. Innerhalb vom Haupteingang fehlt dieser Deckenbruchschutt. In VR enthält Probe 7 noch reichlich Knochenfragmente, ohne daß sie als Höhlenbärenschicht angesehen werden kann. Man hat vielmehr den Eindruck, daß hier die Oberfläche der Höhlenbärenschicht eine gewisse Durchmischung mit dem unteren Teil der kleinstückigen Bruchzone erfahren hat. Deshalb ist die senkrechte Schraffur in diese Schicht hinaufgezogen.

In der „Forster-Kapelle“ und im „Graf-Kesselstadt-Dom“ scheint der karbonatarme, mächtige, feinkörnige Basislehm bis auf den felsigen Höhlenboden hinabzureichen. Nur in F ist dieser erreicht. Die Unebenheit des Untergrundes ist also durch die Einlagerung des Lehmes ausgeglichen. Dieser Lehm ist der Verwitterungsrest des Felsens, der sich bei lange andauernder Korrosion als nicht löslicher Teil am Boden absetzte. Brauneisenbildungen, meist als Pseudomorphosen nach Pyrit, und Manganoxyde sind neben einzelnen weißen, unlöslichen Steinchen die einzigen Einlagerungen. Derartige mächtige Lagen können nur in sehr langer Dauer entstanden sein und in einer Zeit, als diese Räume keine wirksame Verbindung mit der Außenwelt hatten. Vielleicht öffneten die großen Abbrüche vorn, deren Schutt als Basis von VR angeschnitten ist, erst den Zugang in diesen Höhlenteil.

Nach dieser vergleichenden Schilderung der vorhandenen Materialien sei versucht, den Vorgang der Sedimentation abzulesen:

IV. Vorbemerkungen zur chronologischen Deutung.

Für die Art der Sedimentation in einer Höhle kommt der geographischen Lage eine hervorragende Bedeutung zu: Ihre Situation im Glazial- oder Periglazialbereich, ihre absolute Höhe, die Exposition des Eingangs, die Mächtigkeit des Deckgebirges wie auch der geologische Charakter des Höhlengesteins — um nur die wichtigsten Fakten zu nennen — müssen bei der Deutung unbedingt berücksichtigt werden. Dann läßt sich der Einfluß der verschiedenen Klimate schärfer beurteilen.

Der Eingang der Salzofenhöhle liegt bei 2008 m. Heute befindet sich dort die Grenze des ewigen Schnees bei mindestens 2700 m[7]. Die Schneegrenze wird für das Riss/Würm-Interglazial = Eemien = U-Warmzeit (Grahmann) als 300 m höher liegend angenommen. Im Salzofengebiet lag sie damals also bei etwa

[7] Klebelsberg, 1948, II, 662.

3000 m. Die Baumgrenze errechnet sich als im allgemeinen um 700 m tiefer als die Schneegrenze. Im Riß/Würm-Interglazial überdeckte demnach den Salzofen ein nicht allzu spärlicher Gebirgswald. Andererseits wird die Depression der Schneegrenze im Würm-Glazial mit 1200 m gegenüber heute angenommen, das sind etwa 1500 m gegenüber der vorhergehenden Warmzeit. Bis der Salzofengipfel in den Bereich des ewigen Schnees kam, mußte eine Depression von ungefähr 1000 m erfolgt sein; das bedeutet, daß in dieser langen Zeit der Salzofengipfel den Klimaeinflüssen der Vorstoßphase ausgesetzt war. Während der weiteren Depression um etwa 500 m lag der Salzofen unter einer ausdauernden Schneekappe. Da aber selbst eine dünne Schneedecke die Wärmewirkung der Sonne in die Tiefe abschirmt[8], konnten sich schon einige Zeit vor der Hochstandsphase der Eiszeit die täglichen und jahreszeitlichen Temperaturwechsel nicht mehr auswirken. Aber die säkulare Kälte war mehr und mehr eingedrungen in den Fels und brachte das Wasser in den Spalten, Rissen und Kapillaren zum Gefrieren: Der Berg erstarrte — vor allem in seinem oberen Teil, der das Höhlensystem enthält — in dauernder Gefrornis. Lediglich die steilsten Felsflächen waren noch der Regelation — allerdings nur bis in geringe Tiefe — ausgesetzt. Das im Berg gefrierende Wasser weitete zwar durch die Volumenvermehrung die feinen und feinsten Hohlräume, aber es entstand dennoch zunächst keine Lockerung, weil das Eis zugleich als Bindemittel diente. Erst beim Auftauen konnte sich die Zerreißung des Felsens auswirken. Die dauernde Gefrornis bedeutet Stillstand der Sedimentation[9].

Hingegen findet in einer warmen Zeit — wie etwa in der Gegenwart — in der Höhe von 2000 m in den Alpen im täglichen, aber auch im jahreszeitlichen Temperaturwechsel das Losbrechen von kleinstückigem Gesteinsschutt durch Spaltenfrost statt. Aber das Sicker- und Tropfwasser ätzt zugleich die Gesteine an oder überkrustet sie mit Sinter. Beides kann auch abwechseln, was unter anderem von der Geschwindigkeit des Wasserdurchtritts und von den Verdunstungsmöglichkeiten abhängt. Kräftige mechanische Verwitterung der Felswände ist vor allem in den Übergangsphasen, also während des Anstiegs und Rückgangs einer Kaltzeit, zu erwarten. In dem wie ein Schwamm von Höhlen, Gängen und Schloten durchsetzten Fels des Salzofengipfels ereigneten sich wohl außer in den extremen Kaltzeiten immer wieder Abbrüche, die

[8] Fesefeldt, H., 1929, 188.
[9] Blanck, E., 1929, 189—199.

Teile des Höhlensystems verschlossen, andere nach außen hin öffneten. Wir werden nicht fehlgehen mit der Annahme, daß einst auch das Dach des Vorraums weiter nach vorn reichte, so daß der vor Niederschlägen geschützte Teil der Eingangshalle sehr viel größer war.

V. Die zeitliche Einordnung der Schichten.

Als älteste Bildung ist der Basislehm im Innern zu betrachten, dessen Entstehungsbeginn und -dauer noch nicht erfaßt werden kann.

Andererseits ist die jüngste Bildung die der sinterreichen obersten Lage. Viel Schmelz- und Regenwasser trugen den Kalk in diese Schicht, so daß sich bei Verdunstung Sinter absetzte. Während sich dies hinten nur langsam vollzog, wobei die aus der Höhlenbärenschicht aufragenden Knochen und Steine durchtränkt und überdeckt worden sind, ist vorn gleichzeitig das Höhlendach in kleineren Stücken abgewittert. Diese Gesteinsbrocken wurden schon am Dach, dann weiter auf dem Boden angeätzt, dazu kam die lockere Einsinterung. Kleine Fragmente von Heliciden und Clausilien, die leider nicht näher bestimmbar waren, weisen, wie das Gesteinsmaterial selbst, darauf hin, daß der Salzofen während der Bildungszeit dieser Schicht von Pflanzen bewachsen war. Die bis zur Gegenwart reichende Sedimentation muß zu einer Zeit begonnen haben, als auch das Berginnere aufgetaut war, also in der Zeit der postglazialen Erwärmung. Das Auftauen selbst dokumentiert sich vorn im Abbruch der Blockzone und des splittigen Schuttes. Wahrscheinlich ist hierbei weiter vorn ein Teil des Höhlendaches abgebrochen und am steilen Hang in die Tiefe gestürzt. Die unteren Lagen bildeten sich also wohl unter größerem Deckenschutz als die oberen.

Auch die den unteren Abschluß bildende Blockzone (unter VR 1) muß — falls keine tektonische Ursache vorliegt— dem Ende einer Kaltphase zugerechnet werden. Damit entstand die lehmige Steinschicht und die eigentliche Höhlenbärenschicht zwischen zwei endkaltzeitlichen Bildungen.

Da in den Proben VR 1—4 wenige und zumeist von Kleinsäugern (Nagern und Insektivoren) stammende Knochenfragmente eingestreut sind und der Karbonatgehalt nach oben zunimmt, hat beim Lösen der Gesteine am Höhlendach und bei ihrer Einbettung zwar an ihnen Anätzung stattgefunden, ohne daß jedoch der Kalk vom Wasser weggeschafft worden ist. Diese Schicht bildete sich

unter trockenen Verhältnissen mit stärkeren Temperaturwechseln. Die Ablagerung der 1,30 m mächtigen, viele Steine enthaltenden Schicht benötigte keine allzu lange Zeit.

Für den anderen Charakter der „eigentlichen Höhlenbärenschicht“ im rückwärtigen Teil der Höhle ist es nicht notwendig, auch einen anderen Sedimentationsvorgang anzunehmen. Die chemischen und physikalischen Unterschiede beruhen auf den Einflüssen durch die Fäkalien der Höhlenbären und der Zersetzungsprodukte ihrer Kadaver. Diese Zersetzung des Sediments war hinten natürlich ungleich viel stärker — einmal, weil sich dort weniger Gesteinsmaterial einlagerte, zum anderen aber, weil hinten der intensiver benutzte Schlaf-, Wurf- und Sterbeplatz der Bären war.

Das vereinzelte Vorkommen von sehr kleinen Schneckenfragmenten in der Blockzone und in der obersten Lage der Höhlenbärenschicht vorn beruht — nach Beobachtungen in anderen Höhlen — darauf, daß das Bodenwasser sie aus der hangenden Schicht in die großen Zwischenräume und bis auf die dichtere Höhlenbärenschicht geschwemmt hat. Bis heute sind in den autochthonen Höhlenbärenschichten der Höhlen noch nie Schneckenfragmente beobachtet worden[10]. Das beruht sowohl darauf, daß die Höhlenbärenknochen zum geringsten Teil im Eingang liegen, dem einzigen Bereich, wo durch Zutritt des Tageslichts Pflanzen gedeihen und damit auch Schnecken leben können, wie auch in den starken chemischen Umsetzungen in dieser Schicht, welche die dünnen Schneckenschalen rasch zerstören würden.

Für die Einordnung der Schichtenbildung in die Gliederung des Pleistozäns müssen wir uns von dem allgemein üblichen Schema: „Höhlenbärenschicht = Riss/Würm-Interglazial“ lösen. Es gilt vielmehr, die Rekonstruktion der Entstehungsbedingungen aus dem geologischen Charakter der Schichten abzulesen und von daher die chronologische Deutung vorzunehmen. Die rückwärtigen Profile sind hierfür ungeeignet. Im Vorraum der Salzofenhöhle hingegen ergeben sich, von oben nach unten gelesen, folgende Bildungszeiten:

In der sinterreichen Schicht dokumentiert sich das Holozän. Die Block- und Splittzone entspricht der endglazialen Auftauung. Die Hochstandsphase der Würmeiszeit ist durch Stillstand der Sedimentation gekennzeichnet, ihr Beginn wird aber mit einer wenig mächtigen Frostbruchzone im obersten Bereich der Höhlen-

[10] Schmid, E., 1957.

bärenschicht eingeleitet. Für die Ablagerung der liegenden Schicht ist eine Zeit anzunehmen, in der stärkere Regelation wirkte, was durch ein kühleres und trockeneres Klima, als es heute am Salzofen herrscht, verursacht war. Sie hat also niemals im sehr warmen Riss/Würm-Interglazial = Eemien unter Waldbedeckung entstehen können. Da die liegende Blockzone und der untere Splitt im VR auf eine Kaltzeit hinweisen, die der Hauptwürmphase vorausgegangen ist, muß der untere Teil unseres Profils dem Altwürm und der darauf folgenden wärmeren Zeit zugeordnet werden. In dieser wärmeren Zeit (Interstadial), welche in den österreichischen Lößgebieten die Göttweiger Verlehmung verursacht hat, wurde die Salzofenhöhle durch den Höhlenbären begangen, und zwar bis zum Anwachsen des Haupt-Würmvorstoßes. Für den letzten Abschnitt dieser Periode steht durch das stratigraphisch gesicherte Gerät auch der Besuch des Paläolithikers zumindest im Vorraum fest.

VI. Schlußbemerkung.

Die vorliegende Untersuchung hat eine Datierung der Sedimente der Salzofenhöhle ermöglicht. Aber zugleich sind auch Fragen aufgetaucht, die weitere Grabungen in dieser noch längst nicht ausgeräumten Höhle als nützlich erscheinen lassen. Nach dem Einmessen der Oberkanten der Profile, d. h. des Höhlenbodens, auf die absolute Höhe, sollten vor allem die Untersuchungen im Vorraum weitergehen. Die große Mühe würde sich lohnen, wenn das Material auch innerhalb der Schichten nach Horizonten getrennt geschlämmt würde, um einmal die relative Häufigkeit der Bärenknochen in der Sedimentationsfolge festzustellen; zum andern, um genügend Reste der Kleinsäuger zu erhalten, damit auch sie zur Deutung herangezogen werden können. Daß eine derartige, die Höhlenbärenknochen betreffende Feinuntersuchung auch einige besondere paläobiologische Fragen beantworten könnte, sei hier nur angedeutet. Das Schlämmen im oberen Teil würde wohl auch bestimmbares Schneckenmaterial liefern. Der Deckenabbruch an der Stirnseite des Höhlendaches sollte zudem noch einer näheren Prüfung unterzogen werden. Nicht zuletzt läßt das 1952 geborgene Artefakt auf weitere Funde gerade in diesem vorderen Höhlenabschnitt, dem geeignetsten Wohnplatz, hoffen. Weitere Funde aber könnten die kulturelle Zugehörigkeit sichern.

Unter diesen Gesichtspunkten ausgeführte Grabungen versprechen, das bisher Ermittelte zu unterbauen und den Deutungen eine Sicherheit zu geben, die ihnen Gültigkeit auch für andere Höhlen und Landschaften verleiht.

Literaturverzeichnis.

Blanck, E., Die Verwitterungslehre und ihre klimatische Grundlage. Handbuch der Bodenlehre II, Berlin 1929.
Ehrenberg, K., Die Salzofen-Expedition 1952 und ihre Ergebnisse. Natur und Technik, Wien 1953.
Fesefeldt, H., Die physikalisch wirksamen Kräfte und ihre Gesetzmäßigkeiten. Handbuch der Bodenlehre I, Berlin 1929.
Klebelsberg, Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie II, Wien 1948.
Lais, R., Über Höhlensedimente. Quartär III, Berlin 1941.
Schmid, E., Zur Datierung der Sedimente einiger Schweizer Höhlen. Manuskript, wird 1957 gedruckt.